

Atributos químicos e frações granulométricas da matéria orgânica em agregados do solo sob sistemas de plantio direto e convencional da cebola

Ludiana Canton^(1*) & Arcângelo Loss⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante de graduação do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Itacorubi, Florianópolis, SC, ludycanton@hotmail.com; ⁽²⁾ Professor Adjunto II, UFSC, CCA, Florianópolis, SC, arcangelo.loss@ufsc.br.

Resumo

Os teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), assim como as frações granulométricas da matéria orgânica e os atributos químicos dos agregados do solo podem ser influenciados pelos sistemas de manejo adotados. Objetivou-se avaliar a fertilidade e as frações da matéria orgânica nos agregados sob cultivo de cebola em sistema plantio direto de hortaliças (SPDH) e sistema preparo convencional (SPC) do solo, comparado a uma área de floresta secundária adjacente, em Ituporanga, SC. Realizou-se a caracterização química do solo com a determinação do pH, P, K, Ca, Mg, H+Al e Al e calcularam-se os valores da soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%). Também foram quantificados os teores de COT, NT, carbono orgânico particulado e associado aos minerais (COp e COam, respectivamente), nitrogênio orgânico particulado e associado aos minerais (NOp e NOam, respectivamente). Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com os seguintes tratamentos constituídos de plantas de cobertura solteiras e consorciadas: vegetação espontânea, 100% aveia; 100% centeio; 100% nabo forrageiro; nabo forrageiro + centeio; nabo forrageiro + aveia. Adicionalmente, foram avaliadas uma área em SPC de cebola (± 37 anos) e uma de mata (floresta secundária; ± 30 anos). Cinco anos após implantação dos tratamentos, foram coletadas amostras indeformadas do solo nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm e obtidos os agregados. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Skott Knott 5%. O cultivo da cebola em SPDH com o uso de plantas de cobertura solteiras ou consorciadas aumenta os atributos químicos dos agregados do solo pH, Ca, Mg, soma de bases, saturação por bases, capacidade de troca catiônica, COT e NT (0-5 cm) e K (0-20 cm), em comparação ao SPC e a área de mata. No SPDH, o uso da aveia e do centeio

solteiros e consorciados com o nabo forrageiro, assim como a vegetação espontânea aumentam os teores de COp em relação ao nabo solteiro e ao SPC na profundidade de 0-5 cm. O COam não foi influenciado pelo SPDH e SPC em nenhuma das profundidades avaliadas. O SPDH aumenta os teores de NOP em relação ao SPC (0-5 cm). Os tratamentos aveia+nabo e a vegetação espontânea aumentam os teores de NOP em relação aos demais tratamentos em SPDH (0-5 cm). O NOam foi mais eficiente que o COam para evidenciar diferenças entre os sistemas avaliados, com destaque para os tratamentos nabo solteiro e consorciado com o centeio e a aveia (0-5 cm). A conversão de áreas em SPC para SPDH favorece o aumento dos teores de COT e NT, assim como de suas frações particuladas na camada superficial do solo.

Palavras-chave: Fertilidade dos agregados, carbono orgânico particulado, nitrogênio orgânico particulado, consórcio de plantas de cobertura.

Chemical attributes and granulometric fractions in soil organic matter in aggregates under no-tillage and conventional tillage systems of onion

Abstract

The content of total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) and as the granulometric fractions of organic matter and the chemical properties of soil aggregates, can be influenced by soil management. Aimed to evaluate the fertility and organic matter fractions in aggregates under onion cultivation under no-tillage system of vegetable (NTSV) and conventional tillage (CT), compared to an area of secondary forest adjacent to Ituporanga, Santa Catarina State. There was the chemical characterization of the soil with the determination of pH, P, K, Ca, Mg, H + Al and Al and calculated values of the sum of bases (SB), cation exchange capacity (CEC) and bases saturation (V%). Were also quantified the TOC, TN, particulate organic carbon and associated minerals (POC and OCam, respectively), particulate organic nitrogen and associated minerals (PON and ONam, respectively). The design was used in a randomized block design, with the following treatments made up of alone and intercropped cover crops: spontaneous vegetation, 100% oats; 100% rye; 100% wild radish; intercropping of wild radish and rye; and intercropping of wild radish and oats. Additionally, they evaluated an area in PC of onion (\pm 37 years) and a forest (secondary forest; \pm 30 years). Five years after implementation of the treatments, undisturbed soil

samples were collected at depths of 0-5, 5-10 and 10-20 cm and obtained the aggregates. Data were subjected to analysis of variance and compared by Skott Knott test 5%. The cultivation of onions in NTSV using single or consortium cover crops, increases the chemical attributes of soil aggregates pH, Ca, Mg, sum of bases, bases saturation, CEC, TOC and TN (0-5 cm) and K (0-20 cm), compared to the PC and the area of forest. In NTSV, using oat and rye singles and intercropping with radish, as well as spontaneous vegetation increase the POc levels in relation to alone radish and PC at 0-5 cm depth. The OCam was not influenced by NTSV and PC in any evaluated depths. The NTSV increases PON content in relation to the PC (0-5 cm). Oats + wild radish and spontaneous vegetation treatments increases the PON levels in relation to other treatments in NTSV (0-5 cm). ONam was more efficient than the OCam to highlight differences between the systems evaluated, especially the wild radish alone and intercropped with rye and oats (0-5 cm). The conversion of areas in PC to NTSV favors the increase of TOC and TN, as well as their particulate fractions in the topsoil.

Key words: Fertility of aggregates, particulate organic carbon, particulate organic nitrogen, intercropped plants.

1. Introdução

Santa Catarina é o estado com maior produção de cebola do Brasil. Esta hortaliça tem importância econômica e social para o estado, devido ao número de empregos e renda gerados em toda sua cadeia produtiva (IBGE, 2013; ACATE, 2014). Para a sua produção, ainda se faz uso do preparo do solo através do sistema de preparo convencional (SPC), o qual caracteriza-se pelo revolvimento do solo por meio da aração e escarificação (EPAGRI, 2013) o que, conseqüentemente, causa a sua degradação física e química (LOSS et al., 2015).

A redução dos danos ocasionados devido ao mau uso do solo pode ser alcançada utilizando-se a técnica do sistema plantio direto (SPD), sendo neste caso, chamado de SPD de hortaliças (SPDH) agroecológico, onde tem-se o preparo mínimo do solo, associado ao uso de plantas de cobertura (com rotação de culturas) sem o uso de dessecantes químicos para a formação da palhada (EPAGRI, 2013). O SPDH é uma prática que auxilia na manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo devido ao uso de plantas de cobertura, solteiras ou consorciadas, sendo observado que estas

plantas podem absorver nutrientes em camadas mais profundas do solo e acumulá-los nas raízes e, ou, na parte aérea, promovendo uma melhoria nos atributos edáficos por meio da decomposição da matéria seca e, posteriormente, liberação dos nutrientes (SOUZA et al., 2013; MARTINS et al., 2014), além de favorecer o aumento da estabilidade dos agregados do solo (LOSS et al., 2015). Além disso, o SPDH auxilia no sequestro de carbono atmosférico (LOSS et al., 2012), redução das perdas de carbono orgânico total (COT) através da proteção física da matéria orgânica nos agregados do solo, previne erosão, emergência de plantas daninhas e contribui para a infiltração e retenção de água no solo (SIX et al., 2004; CONCEIÇÃO et al., 2008; ZOTARELLI et al., 2012).

No SPDH, a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) é influenciada por diversos fatores, dentre os quais destacam-se o manejo do solo, o uso de fertilizantes minerais e/ou, orgânicos, além de resíduos vegetais que podem ser adicionados ao solo através do emprego de plantas de cobertura. Nesse sentido, as gramíneas apresentam grande potencial de fornecimento de carbono ao solo por possuírem um sistema radicular fasciculado que é renovado constantemente (HARRIS et al., 1966, SILVA, 1997). Ainda, Bortolini et al. (2000), descreveram que a aveia é a gramínea mais utilizada no Sul do Brasil como planta de cobertura em sucessão ao milho devido a adequada cobertura que promove ao solo. Porém, esta gramínea possui elevada relação C/N, o que dificulta a decomposição da MOS e mantém o C por mais tempo no solo, além de ser uma planta com elevada capacidade de extração de nutrientes (MELO et al., 2011). Por outro lado, o maior tempo de decomposição da palhada, ao contribuir para a proteção do solo também impede o crescimento e desenvolvimento de plantas espontâneas que podem competir com a cebola por nutrientes. A MOS é um importante fator que contribui para a qualidade do solo, pois apresenta efeito direto sobre a capacidade de troca de cátions (CTC) e, por consequência, na soma de bases (S) e na saturação por bases (V%), além de ser uma importante fonte de nutrientes, como o N, P e S (SANTOS et al., 2008).

A qualidade da MOS está intrinsecamente associada à distribuição das suas frações no solo (SALTON et al., 2011), que por sua vez, causam efeitos diferentes sobre as propriedades edáficas. A MOS é um importante indicador dos efeitos do uso do solo e dos diversos sistemas adotados, nos quais a determinação do COT auxilia na detecção das alterações provocadas na qualidade do solo. Além da quantificação do COT, também é importante avaliar a distribuição do C nas frações da MOS, as quais podem

ser mais responsivas às modificações impostas pelos sistemas de manejo em comparação ao COT, além de apresentarem características químicas, físicas e biológicas diferentes entre si (FIGUEIREDO et al., 2010; SALTON et al., 2011; BAYER et al., 2004).

Dentre as frações da MOS comumente avaliadas, tem-se as frações físicas obtidas através do fracionamento físico granulométrico da MOS (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992), o qual baseia-se na separação das frações por tamanho das partículas, obtendo-se o carbono associado aos minerais (COam) e o carbono orgânico particulado (COp). Dentre estas frações, o COp ($> 53\mu\text{m}$) é derivado de resíduos de plantas e hifas, que permanecem no solo devido à proteção física nos agregados, sendo assim, uma fração lábil que apresenta maior taxa de reciclagem dos constituintes orgânicos e, segundo Bayer et al. (2002), Rossi et al. (2012) e Loss et al. (2013), em sistemas onde ocorre o maior aporte de biomassa, ocorre maior acúmulo de carbono nesta fração, sendo mais sensível do que o COT às alterações impostas pelo manejo do solo.

Já o COam ($< 53\mu\text{m}$) está associado às frações silte ($2-53\mu\text{m}$) e argila ($0-2\mu\text{m}$) e interage com a superfície dos minerais, formando complexos organominerais protegidos pela fração coloidal (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992; LOSS et al., 2011). Esta fração depende da quantidade de material orgânico oriundo da fração particulada (COp) e da proteção coloidal exercida pelas superfícies minerais (BALDOCK, 2000) e, de acordo com Bayer et al. (2004), possui um avançado grau de humificação, no qual, ao contrário do COp, é menos sensível às alterações relacionadas ao manejo do solo, principalmente em curto prazo. Esta fração possui grande importância no que se refere à estabilização dos microagregados, por ser composta, em grande parte, por substâncias húmicas, tais como a fração humina (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992).

No entanto, ainda são incipientes os estudos que avaliaram o efeito do SPDH na qualidade do solo em relação ao SPC e como ocorrem as alterações dos seus componentes. Além disso, no SPDH ainda são necessárias mais pesquisas para se determinar quais são as melhores plantas de cobertura, bem como as que se adaptam melhor ao sistema consorciado, e que permitem a reestruturação do solo submetido ao SPC por longo tempo, através da formação e estabilização de agregados. Dessa forma, auxiliam na melhoria física por meio da proteção do C devido a presença destes agregados, química, pela adição de nutrientes e biológica, através da melhoria nas condições edafoclimáticas e, por consequência, melhoria da micro e macrobiota do solo.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Avaliar os atributos químicos e as frações da matéria orgânica nos agregados do solo sob cultivo de cebola em SPDH e SPC, comparado a uma área de floresta secundária adjacente, em Ituporanga, SC.

2.2. Objetivos específicos

1- Caracterizar a fertilidade nos agregados do solo e verificar o comportamento de ambos os sistemas de cultivos em relação à mata.

2- Analisar através do carbono orgânico total e o nitrogênio total dos agregados a forma com que o manejo afeta estes atributos no solo.

3- Realizar o fracionamento granulométrico da MOS e quantificar o conteúdo de carbono e nitrogênio das frações granulométricas e como estas são afetadas pelo SPC e SPDH.

3. Materiais e métodos

3.1. Descrição da área experimental, tratamentos e delineamento utilizado

O trabalho foi realizado na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) localizada em Ituporanga, SC (27° 24' 52" S, 49° 36' 9" W, altitude de 475 m). O clima da região, segundo Köppen, é subtropical mesotérmico úmido (Cfa), com temperatura média anual de 17,6°C e precipitação anual média de 1.400 mm (SOUZA et al., 2013).

O experimento foi instalado em uma área com histórico de cultivo de cebola por meio do SPC (aração e enxada rotativa) por 20 anos até 1996. A partir desse ano, foi aplicado calcário na superfície do solo, com posterior incorporação, para elevar o pH em água até 6,0. Em seguida, foi implantado o sistema de cultivo mínimo de cebola com rotação de culturas e plantas de cobertura (aveia - *Avena strigosa*, mucuna - *Mucuna aterrima*, milheto - *Pennisetum glaucum*, crotalaria - *Crotalaria juncea*, ervilhaca - *Vicia sativa*), sistema que permaneceu de 1996 a 2007. Posteriormente, foi implantada a cultura da batata-doce (*Ipomoea batatas*), explorada até 2009. A partir de então, instalou-se o experimento com o SPDH de cebola.

O solo onde o experimento foi implantado foi classificado como Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2013). Em 2009, no momento da implantação do experimento, o solo da profundidade 0-10 cm apresentava os seguintes atributos físicos e químicos,

conforme a Embrapa (1997): 380 g kg⁻¹ de argila; 40 g kg⁻¹ de matéria orgânica; pH em água 6,0; P disponível 26,6 mg dm⁻³ e K trocável 145,2 mg dm⁻³ (extraídos por Mehlich 1); Al trocável 0,0 cmol_c kg⁻¹, Ca trocável 7,2 cmol_c kg⁻¹ e Mg trocável 3,4 cmol_c kg⁻¹ (extraídos por KCl 1 mol L⁻¹). No momento da instalação do experimento, a vegetação espontânea foi dessecada, usando o herbicida glifosato. A partir de então, não foram mais utilizadas aplicações de agrotóxicos.

Os tratamentos constituíram-se do plantio de plantas de cobertura em SPDH: 100% Aveia (*Avena strigosa*) com densidade de semeadura (DS) de 120 kg ha⁻¹; 100% Centeio (*Secale cereale*) com DS de 120 kg ha⁻¹; 100% Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) com DS de 20 kg ha⁻¹; consórcio de nabo forrageiro (14%) e centeio (86%) com DS de 10 e 60 kg ha⁻¹, respectivamente; consórcio de aveia (86%) e nabo forrageiro (14%) com DS de 60 e 10 kg ha⁻¹, respectivamente; Testemunha com vegetação espontânea de língua de vaca (*Rumex obtusifolius*), orelha de urso (*Stachys arvensis*), caruru (*Amaranthus lividus*), tiririca (*Cyperus* spp.), azedinha (*Oxalis corniculada*), picão preto (*Bidens pilosa*) e picão branco (*Galinsoga parviflora*). Adicionalmente, foram avaliados mais dois tratamentos, ambos adjacentes ao experimento, sendo a área original de cultivo de cebola mantida sob SPC por 20 anos até 1996. Somando-se os anos subsequentes, de 1996 a 2013, época de coleta das amostras de solo, foram totalizados 37 anos em SPC. O outro tratamento adicional, uma floresta secundária com ±30 anos, representou a condição natural do solo. No SPC, a partir do ano de 2007, a cebola foi cultivada em sucessão com milho, no verão. O milho foi acamado na floração com rolo-faca e, após 30-60 dias, realizada aração seguida de gradagem para implantar a cultura da cebola. A adubação foi realizada conforme a CQFSSC/RS (2004).

Após o acamamento das plantas de cobertura de inverno, no mês de julho de cada ano, foram aplicados na área 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de fosfato natural de Gafsa moído, 175 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 125 kg ha⁻¹ de K₂O e 160 kg ha⁻¹ de N, na forma de dejetos de aves, sendo metade aplicada no plantio das mudas de cebola e o restante 30 dias após o plantio. A partir da safra de 2011, não foi aplicado fosfato natural, pois os teores foram interpretados como muito altos, conforme a CQFSSC/RS (2004). O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com cinco repetições, sendo que cada unidade experimental possuía 5 x 5 m, totalizando 25 m². Em abril de cada ano (2009, 2010, 2011, 2012 e 2013) as espécies de plantas de cobertura de inverno foram semeadas a lanço sobre a superfície do solo. As quantidades de sementes por hectare

foram calculadas com base nos valores mais elevados da recomendação de Monegat (1991), acrescentando 50% desta dose (para garantir a germinação das sementes e estabelecimento de palhada posteriormente). Em julho de cada ano, todas as espécies de inverno foram acamadas, usando um rolo-faca (modelo RF240, MBO Ltda). Posteriormente, foram abertos sulcos usando uma máquina de plantio direto adaptada e foram transplantadas manualmente as mudas de cebola, cv. 'Empasc 352' - Bola Precoce. O espaçamento usado foi de 0,50 m entre linhas e 0,10 m entre plantas, com 10 linhas de cebola por parcela. Foram realizadas capinas manuais aos 60 e 90 dias após o plantio das mudas de cebola para diminuir o estande de plantas espontâneas. Após a colheita da cebola ocorrida nos meses de dezembro de cada ano, realizou-se o plantio de Mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) em toda área, sendo cultivada no verão. A mucuna é acamada no mês de março de cada ano para no mês seguinte (abril) fazer a semeadura das plantas de cobertura.

3.2. Coleta e análise das amostras de solo

Após cinco anos de implantação dos tratamentos, foi realizada uma coleta de solo em todos os tratamentos. Para tal, foi aberta uma mini-trincheira de 40 x 40 x 40 cm e coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, utilizando-se uma pá de corte e, em seguida, as amostras foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Catarina. Posteriormente, as amostras foram secas ao ar e, em seguida, destorroadas manualmente, seguindo fendas ou pontos de fraqueza, e passadas em um conjunto de peneiras de malha 8,00 mm e 4,00 mm para obtenção dos agregados do solo, conforme metodologia da Embrapa (1997).

Para a avaliação química, os agregados retidos na peneira de 4,00 mm foram destorroados e passados por peneira de 2,00 mm de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Neste material foram determinados os atributos: pH em água, teores trocáveis de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} e $\text{H}+\text{Al}$, além dos teores disponíveis de K^{+} e P, segundo métodos descritos pela Embrapa (1997). Em seguida, foram calculados o Valor S = $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+}$; $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ (Valor S + (H+Al)), $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$ (Valor S +Al) e Valor V% = (Valor S/Valor T) *100, além da saturação por Al ($100 * (\text{Al}^{3+} / \text{CTC}_{\text{efetiva}})$).

Os teores de COT nos agregados foram quantificados utilizando-se o método de oxidação via úmida, com aquecimento externo, segundo Yeomans e Bremner (1988). Posteriormente, realizou-se o fracionamento granulométrico da MOS segundo

Cambardella & Elliott (1992), no qual foi utilizado 20 g de TFSA e 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}), sendo as amostras agitadas durante 15 horas em agitador. A seguir, a suspensão foi passada em peneira de $53 \mu\text{m}$ com auxílio de jato de água. O material retido na peneira, que consiste no carbono orgânico particulado (COp), foi seco em estufa a 60°C , quantificado em relação a sua massa, moído em gral de porcelana e analisado em relação ao teor COT segundo Yeomans e Bremner (1988). O material que passou pela peneira de $53 \mu\text{m}$, que consistiu no carbono orgânico associado aos minerais (COam) foi obtido por diferença entre o COT e COp.

3.3. Análise estatística dos dados

Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente. Posteriormente, foi analisado como delineamento em blocos casualizados, com oito tratamentos (SPDH - T1, T2, T3, T4, T5 e T6, SPC e mata) com 5 repetições cada. Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo teste Skott-knott a 5%.

4. Resultados e Discussão

4.1. Atributos químicos do solo nos agregados

O SPC comparado ao SPDH provoca alterações nos atributos relacionados a fertilidade, principalmente na profundidade de 0-5 cm (Tabela 1). Os valores de pH encontrados para 0-5 cm não diferiram entre os tratamentos em SPDH, sendo neste verificados os maiores valores, seguidos do SPC e menores na mata. Na profundidade de 5-10 cm, os maiores valores foram encontrados no SPDH e SPC, com menores valores na mata. Já na profundidade de 10-20 cm, o maior valor de pH foi verificado para o tratamento com nabo + aveia e o menor valor na mata, sendo verificados valores intermediários nos demais tratamentos. Os teores de Al trocáveis, bem como H+Al, não diferiram entre os tratamentos em SPDH e SPC, sendo os maiores valores encontrados na área de mata em todas as profundidades (Tabela 1).

Os maiores valores de pH nos tratamentos em SPDH na camada superficial do solo coincidem com os maiores valores das bases Ca, Mg e K em comparação aos tratamentos SPC e mata (Tabela 1). Isso porque o uso e a manutenção das plantas de coberturas no SPDH favorece a liberação e exsudação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, o que ocasiona o aumento de cargas negativas no solo, facilitando a

ligação desses elementos de carga positiva, melhorando assim, a estabilidade dessas bases devido às ligações feitas com essas cargas negativas (AMARAL et al., 2004; FRANCHINI et al., 1999) . A mata apresentou, em todas as profundidades, os menores valores de pH contendo portanto, elevada quantidade de H e Al (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de pH em água, teores de fósforo disponível, potássio trocáveis, cálcio, magnésio e alumínio em Cambissolo Húmico submetido ao cultivo de cebola em sistema plantio direto agroecológico e convencional, Ituporanga, SC.

Tratamentos	pH H ₂ O	H+Al	P	K	Ca	Mg	Al
			-----mg dm ⁻³ -----		-----cmol _c dm ⁻³ -----		
Profundidade 0 – 5 cm							
Testemunha	5,22 a	4,97 b	67,44 a	534,38 a	8,27 a	2,73 a	0,03 b
Aveia	5,38 a	4,62 b	67,39 a	565,61 a	7,46 a	3,01 a	0,00 b
Centeio	5,26 a	4,97 b	70,79 a	509,17 a	8,23 a	2,31 b	0,10 b
Nabo	5,30 a	4,91 b	72,89 a	462,94 a	8,06 a	2,63 a	0,09 b
Nabo+centeio	5,39 a	4,77 b	77,95 a	547,46 a	8,03 a	3,25 a	0,05 b
Nabo +aveia	5,48 a	4,67 b	71,36 a	462,95 a	8,25 a	3,09 a	0,22 b
SPC	4,98 b	6,10 b	79,02 a	143,94 b	4,80 b	2,26 b	0,34 b
Mata	3,94 c	19,42 a	16,36 b	124,38 b	2,84 c	1,40 c	4,99 a
CV, %	3,94	14,54	10,78	19,17	7,34	17,91	29,09
Profundidade 5 – 10 cm							
Testemunha	5,10 a	6,19 b	64,09 b	272,17 a	6,94 a	1,94 b	0,11 b
Aveia	5,07 a	5,95 b	39,07 b	305,74 a	6,37 a	2,08 b	0,17 b
Centeio	5,05 a	6,53 b	56,67 b	295,63 a	5,88 b	2,13 b	0,18 b
Nabo	5,08 a	6,21 b	49,31 b	276,19 a	6,48 a	2,08 b	0,17 b
Nabo+ centeio	5,13 a	6,18 b	54,46 b	280,34 a	5,91 b	2,56 a	0,14 b
Nabo+aveia	5,26 a	5,65 b	50,89 b	324,62 a	5,06 b	2,36 a	0,13 b
SPC	5,00 a	5,11 b	99,55 a	62,29 b	5,91 b	2,47 a	0,21 b
Mata	3,72 b	20,80 a	13,31 c	70,03 b	0,22 c	0,94 c	6,51 a
CV, %	3,08	14,13	21,85	22,61	9,06	14,55	22,66
Profundidade 10 – 20 cm							
Testemunha	5,05 b	6,71 b	22,55 b	160,37 a	5,14 b	1,80 c	0,40 b
Aveia	5,01 b	6,71 b	12,59 b	165,74 a	5,52 a	1,82 c	0,47 b
Centeio	4,95 b	7,14 b	31,38 b	135,54 a	5,53 a	1,54 d	0,47 b
Nabo	4,92 b	7,10 b	24,20 b	178,75 a	4,84 b	1,55 d	0,64 b
Nabo+centeio	5,13 b	6,21 b	18,33 b	141,92 a	5,62 a	2,13 b	0,21 b
Nabo+aveia	5,32 a	6,12 b	14,01 b	180,71 a	5,26 b	1,87 c	0,24 b
SPC	5,03 b	4,89 b	69,74 a	55,06 b	5,83 a	2,39 a	0,29 b
Mata	3,96 c	17,28 a	5,45 b	43,34 b	0,20 c	0,58 e	5,98 a
CV, %	3,57	16,73	50,03	21,64	8,73	10,52	26,41

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5%. CV=coeficiente de variação.

Os teores de Ca e Mg trocáveis encontrados na profundidade de 0-5 cm não diferiram entre os tratamentos em SPDH e assumiram os maiores valores, seguidos do SPC e menores na área de mata, com exceção do Mg para o centeio que não diferiu do SPC (Tabela 1). Na profundidade de 5-10 cm, os maiores teores de Ca foram

encontrados na testemunha, na aveia e no nabo, seguidos do centeio, nabo + centeio, nabo + aveia e SPC, com menores valores na mata. Para o Mg, os maiores teores foram encontrados nos tratamentos nabo + centeio, nabo + aveia e SPC, seguidos da testemunha, aveia, centeio e nabo e menores valores na mata. Na profundidade 10-20 cm, os maiores teores de Ca trocável foram verificados nos tratamentos com aveia, centeio, nabo + centeio e no SPC, seguidos da testemunha, nabo e nabo + aveia e menores valores na mata. Para o Mg trocável, o maior teor foi no SPC, seguidos dos tratamentos em SPDH e menores na mata (Tabela 1).

Para os teores de Ca e Mg foram encontrados valores altos em todos os tratamentos, em todas as profundidades, com exceção da mata, que apresentou teores médios de Ca na profundidade de 0-5 cm e baixos nas profundidades de 5-10 cm e 10-20 cm, e teores médios de Mg nas profundidades de 5-10 cm e 10-20 cm (CQFS-RS/SC, 2004). Esse padrão pode ser devido à correção da acidez do solo com calcário, o que promoveu um suprimento desses elementos em comparação com a mata. Além do efeito da calagem, no SPDH tem-se os benefícios atribuídos às plantas de cobertura, as quais favorecem o aporte vegetal na superfície e em profundidade, aumentando a ciclagem de nutrientes e contribuindo para a manutenção e, ou, aumento da fertilidade do solo (MELO et al., 2011). No SPC em comparação ao SPDH, o preparo do solo ocasiona a ruptura dos agregados e favorece a perda de bases trocáveis, sendo este padrão visível principalmente na primeira camada do solo (0-5 cm), onde no SPDH tem-se os maiores valores de Ca, Mg e K (Tabela 1).

Para o K trocável, os maiores teores foram verificados nos tratamentos em SPDH e os menores no SPC e mata (Tabela 1). Portanto, o SPDH também favorece o aumento dos teores de K nos agregados do solo nas três profundidades avaliadas em relação ao SPC. Neste, o revolvimento do solo causa a ruptura dos agregados e, consequentemente, a rápida perda do K que estava no interior destes, pois, de acordo com Rosolem et al. (2003) e Costa et al. (2005), este elemento não é componente estrutural de qualquer composto das plantas e a mineralização não é um pré-requisito para sua liberação, porém, ele se encontra na forma de K^+ em circulação nas plantas em grande quantidade e é de uso imediato. Assim, quando a planta é decomposta, ele é totalmente liberado para o solo, podendo ser rapidamente aproveitado por outras plantas, porém, podem ocorrer perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos.

Dufranc et al. (2004) avaliando a influência do K, Ca e Mg na estabilidade de agregados em água de dois Latossolos sob plantio direto há mais de quatro anos,

verificaram que o K foi mais importante para a agregação do solo que o Ca e o Mg. Possivelmente, por causa do SPDH melhorar o aporte de MOS e, por consequência, causar melhorias químicas, físicas e biológicas no solo, o K também é beneficiado por este sistema, sendo observado desta maneira, maiores quantidades deste elemento no SPDH, uma vez que no SPC, a MOS é mineralizada mais rapidamente, tendo menores quantidades de sítios que fazem ligação com o K, acarretando na sua menor quantidade neste sistema.

Os teores de P disponível encontrados na profundidade de 0-5 cm não diferiram entre os tratamentos com utilização de plantas de cobertura e SPC, porém todos foram superiores aos valores da mata. Já na profundidade de 5-10 cm, os maiores teores foram encontrados no SPC, seguidos dos tratamentos em SPDH e os menores valores foram observados na mata. Na profundidade de 10-20 cm, apenas o SPC diferiu-se dos demais, apresentando os maiores valores de P disponível. Os diferentes sistemas de manejo do solo (SPDH e SPC) não afetaram os valores de P na primeira camada analisada, porém, apresentaram diferenças estatísticas de 5-10 e 10-20 cm. De acordo com Gatiboni et al. (2007), o P adsorvido nos colóides é muito importante para a reposição do P absorvido pelas plantas. Além disso, o P ligado aos sítios da MOS é de maior labilidade, em comparação àqueles ligados às frações minerais, como a argila. É possível que quando ocorre o revolvimento do solo em SPC, a MOS é levada às camadas mais profundas (5-10 e 10-20 cm), sendo mineralizada mais rapidamente e disponibilizando este P lábil para os microrganismos, porém, a argila nesta camada possui sítios não saturados, os quais são ocupados pelo P, que se liga aos colóides, aumentando sua concentração nestas profundidades. Já no SPDH, devido ao não revolvimento do solo, o P adicionado pela decomposição dos resíduos vegetais, permanece na camada superficial, sendo lentamente afetado nas demais profundidades pela decomposição de raízes e pela rizosfera.

Melo et al. (2011), afirmam que os resíduos vegetais adicionados ao solo são decompostos pelos microrganismos, ocasionando a mineralização dos elementos que compõem o material orgânico e liberando-os para o solo. Portanto, é possível que devido ação de ciclagem de nutrientes por parte das raízes no SPDH, o P interceptado e absorvido pelo sistema radicular, seja depositado superficialmente quando estas plantas se decompõem, e o P absorvido, deve ser repostado através das moléculas adsorvidas nos colóides. Já no SPC, este efeito não é visível, uma vez que este P retorna para as

camadas mais profundas devido a deposição do material vegetal através do revolvimento do solo.

Os teores de P disponível e K trocável, em todos os tratamentos foram interpretados como muito altos para todas as profundidades, com exceção da área de mata que assumiu teores de P altos nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm e teores baixos na profundidade de 10-20 cm, conforme interpretação com base na CQFS-RS/SC (2004). Os tratamentos SPC e mata apresentaram teores de K altos na profundidade de 0-5 cm, médios na profundidade de 5-10 cm e baixos na profundidade de 10-20 cm (CQFS-RS/SC, 2004).

Esses resultados podem ser atribuídos às plantas de cobertura, como já dito anteriormente, as quais possuem, dentre outras funções, a de ciclagem de nutrientes, por explorar o solo em profundidade, contribuindo para a melhoria dos atributos químicos do solo (MELO et al., 2011). No SPC, os resultados encontrados (altos teores de P e bases trocáveis) são devidos ao uso do milheto como planta de cobertura. Segundo Teixeira et al. (2012), as plantas de milheto produzem altas quantidades de massa seca e apresentam alta relação C/N, com degradação mais lenta da biomassa vegetal, além de apresentarem maior acúmulo e liberação mais gradativa de todos os macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg).

Comparando-se os tratamentos em SPDH da cebola com o SPC, pode-se inferir que no SPDH, o uso das plantas de coberturas solteiras e consorciadas favorece o incremento de K, Ca e Mg nos agregados do solo, devido ao não revolvimento do solo e a intensa atividade dos sistemas radiculares dessas plantas, somados a liberação e ciclagem de nutrientes da biomassa vegetal.

A soma de bases foi maior no SPDH (0-5 cm) em comparação ao SPC e a mata. Para a profundidade de 5-10 cm, no SPDH e SPC não foram verificadas diferenças, porém para 10-20 cm, os tratamentos aveia, nabo, centeio+nabo e testemunha apresentaram menores valores em comparação ao SPC. A área de mata apresentou os menores valores em todas as profundidades.

Conforme observa-se na Figura 1a, percebe-se o comportamento da soma de bases no SPC, no qual na primeira camada avaliada tem-se o menor valor S em comparação ao SPDH. Em profundidade, verifica-se uma tendência de os valores de soma de bases aumentarem no SPC em relação aos demais tratamentos. Isso ocorre devido ao revolvimento do solo, que acaba por homogeneizar as camadas avaliadas. Este comportamento não ocorre nos demais tratamentos submetidos ao SPDH e na

mata, os quais seguem um gradiente de concentração, com diminuição dos valores de bases conforme a profundidade aumenta.

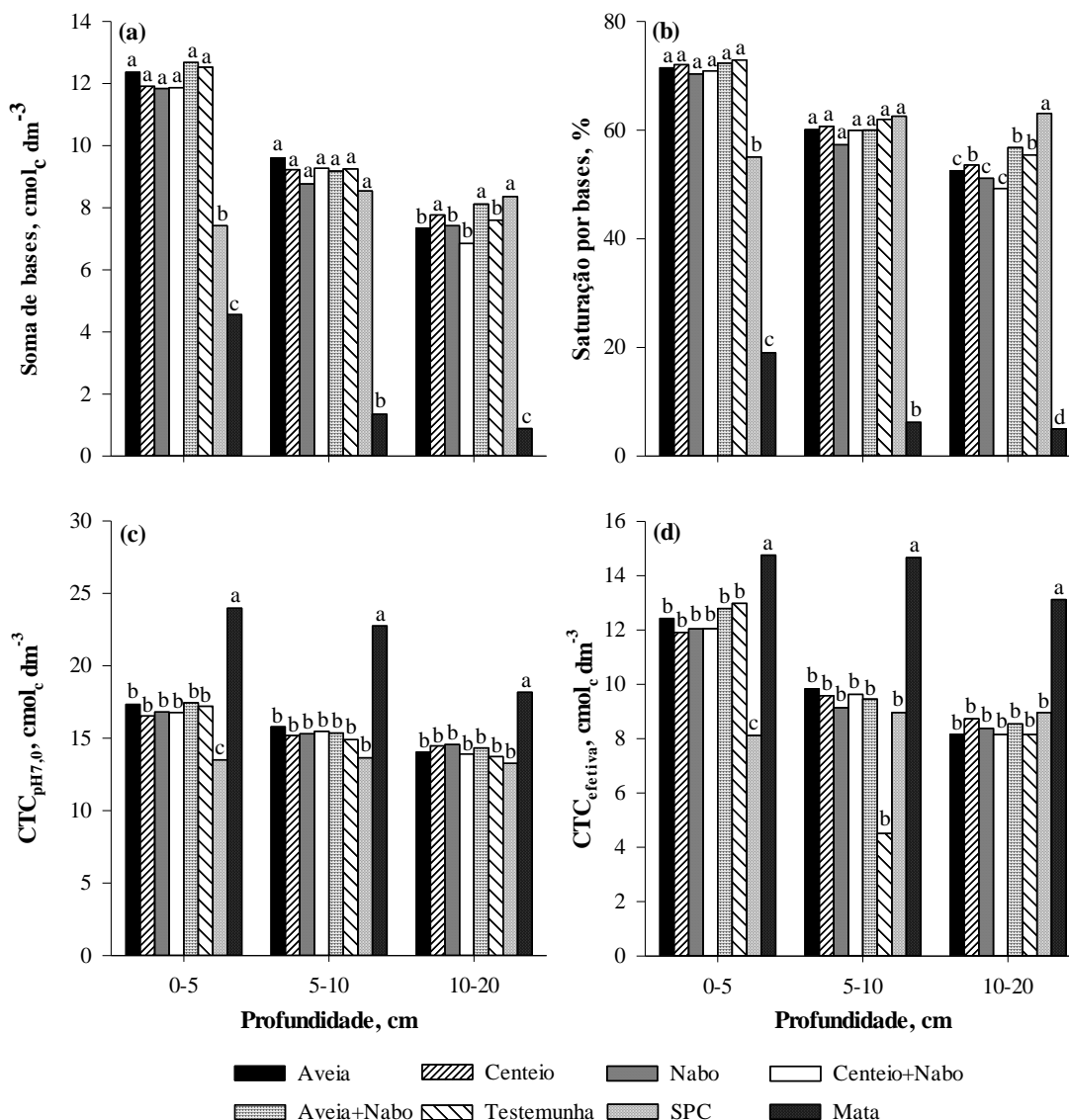


Figura 1. Soma de bases (a), saturação por bases (b), CTC a $\text{pH}_{7,0}$ (c) e CTC efetiva (d) em agregados do solo sob diferentes sistemas de manejo com cultivo de cebola. Letras diferentes para o mesmo atributo avaliado, em cada profundidade, indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Na Figura 1b, tem-se a saturação por bases (V%), a qual segue o mesmo padrão do valor S nas duas primeiras camadas. Para a profundidade de 10-20 cm, a área de mata também apresentou o menor valor, porém o SPC apresentou a maior saturação por bases e no SPDH, a aveia, o nabo e o consórcio deste com o centeio apresentaram os menores valores de V%.

Na primeira camada (0-5 cm), tanto para o valor S como para V%, a mata diferiu-se estatisticamente apresentando os menores valores, seguida pelo SPC. Os

elevados valores de S e V% nos tratamentos em SPDH são decorrentes da calagem feita no início do estudo, aliados aos efeitos benéficos das plantas de cobertura, os quais contribuíram para a diminuição dos teores de Al (Tabela 1) e aumento das bases trocáveis do solo. Na mata, por não ter sofrido alterações antrópicas no sentido de correção do pH através da calagem, apresenta elevados teores de Al e baixos valores de pH, S e V%.

É importante observar o comportamento dos tratamentos, principalmente comparando-os com a mata, em relação aos elementos presentes no solo. De acordo com Ronquim (2010), o V% é um importante indicador das condições gerais do solo, sendo que um índice baixo indica pequenas quantidades de cátions (Ca, Mg e K) saturando os colóides, sendo estes, portanto, ocupados em grande parte por H^+ e Al^{3+} .

A Figura 1, juntamente com a Tabela 1, podem ser mais facilmente entendidas através do exposto por Ronquim (2010). Observando-se o comportamento do valor S com a $CTC_{pH7,0}$ é possível visualizar que na mata, embora esta possui a mais alta CTC (Figuras 1c e 1d), a sua soma de bases é baixa (Figura 1a), indicando que as bases Ca, Mg e K estão em baixas concentrações, isso porque seus sítios de ligação estão em grande parte ocupados por íons de Al^{3+} e H^+ , sendo isto observado na Tabela 1, em que o SPC apresentou o menor pH, seguido da mata, que além do pH baixo, apresentou as maiores quantidades de Al. Após a mata, o SPC apresentou o menor Valor S na profundidade de 0-5 cm, bem como menor CTC, sendo provável que este comportamento seja devido ao manejo, que afeta negativamente os agregados do solo e a MOS, e por consequência, a capacidade de ligação dos elementos e permanência deles nos colóides do solo.

Para a $CTC_{efetiva}$ e $CTC_{pH7,0}$ em todas as profundidades analisadas, a mata apresentou os maiores valores, diferindo-se dos tratamentos. Ainda para 0-5 cm, o SPC apresentou o menor valor dentre todos os tratamentos analisados, sendo que nas demais profundidades não foram verificadas diferenças estatísticas.

Neste estudo, pode-se observar que a CTC segue um padrão parecido com o verificado para o COT, ou seja, nos tratamentos que o COT é maior (Figura 2), a CTC também é maior (Figuras 1c e 1d). Fontana et al. (2006) relataram que os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo propiciaram aumentos significativos do COT, Ca, Mg, P, K, elevação do pH, maior CTC e soma de bases e diminuição dos teores de Al, em relação ao SPC. Ainda, estes autores propõem que a MOS, em solos tropicais e subtropicais, é responsável por 75 a 90% da CTC do solo. Estes resultados corroboram

a elevada CTC encontrada na mata. Devido a elevada quantidade de COT, o solo apresenta alta concentração de sítios, os quais permitem maior CTC. Ainda, Bayer & Mielniczuk (1999), descreveram que o SPD favorece o aumento na CTC devido à maior proteção física da MOS nos agregados do solo.

4.3 Teores de Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Total (NT) e relação C/N dos agregados do solo

Quanto aos teores de COT e NT, os maiores teores, em todas as profundidades avaliadas, ocorreram na área de mata (Figura 2). O SPC em comparação ao SPDH, apresentou a menor quantidade de COT na profundidade de 0-5 cm, não diferindo nas demais profundidades. Já para o NT, o SPC apresentou o menor valor na camada de 0-5 cm, não apresentou diferenças na profundidade de 5-10 cm e, em 10-20 cm, este tratamento apresentou o maior valor de NT em comparação aos demais. Este padrão foi observado de maneira inversa para a relação C/N, onde na primeira profundidade verificou-se o maior valor, na segunda não foram observadas diferenças entre os demais tratamentos (exceto para a aveia + nabo que apresentou o maior valor) e na última profundidade observou-se o menor valor em comparação aos demais tratamentos.

Os maiores teores de COT e NT na área de mata são decorrentes da deposição de material orgânico proveniente, principalmente da serapilheira, que promove o acúmulo de COT e NT na superfície do solo, à medida que vai sendo humificada (Mafra et al., 2008), de modo que as taxas de decomposição desse material são aproximadamente iguais às de incorporação, assim mantêm-se constantes as adições e perdas de COT e NT no solo.

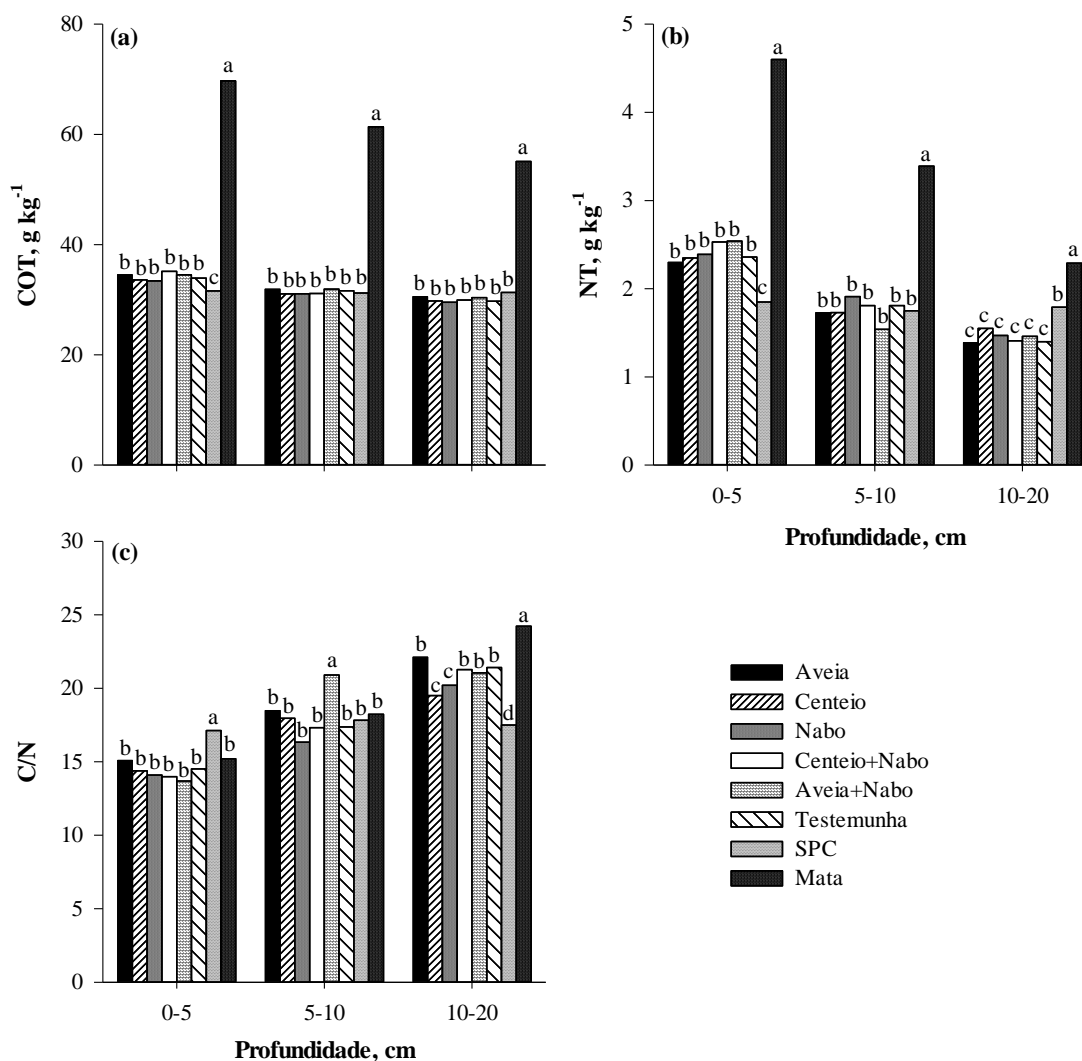


Figura 2. Teores de carbono orgânico total (a), nitrogênio total (b) e relação C/N (c) em agregados do solo em sistemas de uso com cultivo de cebola. Letras diferentes para o mesmo atributo avaliado, em cada profundidade, indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Embora os valores de COT e NT diminuíssem em profundidade, pode-se observar que a mata manteve seus valores sempre maiores do que os demais tratamentos. Isso porque ocorre o constante aporte de material vegetal no solo, favorecendo a maior estabilidade do COT e NT, assim como descrevem Rangel & Silva (2007), em estudo com diferentes frações da MOS e os estoques de COT e NT de Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. Os autores encontraram aumento dos estoques de NT nos sistemas de mata nativa, eucalipto, pinus e pastagem, e associaram este fator ao maior volume de resíduos vegetais que retornam ao solo e, também, aos maiores estoques de COT nesses sistemas. Ainda, Camargo et al. (1999) relatam que o maior armazenamento de COT implica em maior disponibilidade de NT, pois, mais de 95% do NT do solo, se apresenta na forma orgânica.

No SPDH e no SPC, os teores de COT e NT dependem da quantidade de massa seca (aérea e radicular) produzida pelas plantas de cobertura e do manejo adotado. Logo, em sistemas com produção e manutenção da massa seca na superfície do solo acarretará em maiores teores e acúmulo de COT e NT no solo. Este padrão foi observado no SPDH em comparação ao SPC (Figuras 2a e 2b) para a profundidade de 0-5 cm. Nesta, o menor valor de COT no SPC é devido ao aumento da mineralização do COT e NT causada pelo revolvimento do solo, que ocasiona a fragmentação dos resíduos vegetais e, conseqüentemente, favorece o ataque pelos microrganismos. Estes resultados corroboram com os estudos de Bayer & Mielniczuk (1999) e Lovato et al. (2004), que relataram que em solos com intenso revolvimento, ocorre perdas de COT e NT, principalmente pelo aumento da atividade microbiana e maior exposição dos resíduos vegetais aos microrganismos e suas enzimas. No SPC, as práticas de revolvimento do solo (aração e enxada rotativa) resultam em alta perturbação do solo, causando efeitos negativos, tais como a ruptura dos agregados, com posterior exposição do COT e NT que estavam protegidos fisicamente no interior dos agregados, e conseqüentemente, acarreta em menores teores de COT e NT na camada superficial do solo.

A ausência de diferenças nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm entre os tratamentos em SPDH e o SPC indica a similaridade das plantas de cobertura utilizadas no SPDH em adicionar COT e NT. Porém, no SPC, a igualdade de valores de COT e de maiores valores de NT (10-20 cm) está relacionada a incorporação dos resíduos vegetais do milho para as camadas mais profundas, homogeneizando os teores de COT (5-10 e 10-20 cm) e favorecendo aos maiores teores de NT em 10-20 cm. Existe uma estreita relação entre os teores de C e N do solo, o que explica a mesma tendência do COT para o NT na área de mata, corroborando com estudos realizados por Souza et al. (2013), que afirmam que a presença de MOS é fator determinante para o acúmulo de N no solo. O mesmo padrão de acúmulo de COT e NT também foi descrito por Assis et al. (2006).

No SPC, o maior valor da relação C/N na profundidade de 0-5 cm pode ser decorrente da palhada do milho, que apresenta maior relação C/N se comparada com as demais plantas de cobertura. Alguns estudos apontam que o milho possui uma relação C/N de 30 ou maior (38), conforme a fase do ciclo que se encontra (TEIXEIRA et al., 2011; KLIEMANN et al., 2006). Além disso, o milho quando comparado com as leguminosas, apresenta maior deposição de fitomassa e maior porcentagem de cobertura morta após o manejo das plantas (BERTIN et al., 2005).

Para fins de comparação da relação C/N do milho com as culturas do presente estudo, Oliveira (2015), avaliou a relação C/N em diferentes épocas de decomposição da aveia, centeio, nabo forrageiro, nabo+aveia e nabo+centeio e concluiu que em 45 dias após a deposição (DAD) das bolsas de decomposição ao solo, estas plantas apresentavam relação C/N de 29,5; 34,9; 25,6; 30,7 e 30,9, respectivamente. Após 90 DAD, a relação C/N diminuiu, e os valores encontrados foram: 23,9; 24,5; 35,0; 27,2 e 26,1, respectivamente, para as plantas citadas acima.

Já na profundidade de 10-20 cm, o menor valor da relação C/N para o SPC pode estar associado ao revolvimento do solo, que ocasiona a fragmentação dos resíduos vegetais, aumenta a oxidação e favorece a utilização do N pelos microrganismos e também pela volatilização por causa da sua maior exposição causada pelo revolvimento do solo. Na profundidade de 5-10 cm, o maior valor da relação C/N foi encontrada no tratamento aveia+nabo, e em 10-20 cm, o SPC apresentou o menor valor, seguido pelos tratamentos com centeio e nabo.

De maneira geral, os tratamentos em consórcio favorecem a maior relação C/N como é o caso para aveia+nabo, que em 5-10 cm apresentam o maior valor do que quando solteiras. Este comportamento é visível também na profundidade de 10-20 cm, na qual o centeio e o nabo solteiros apresentaram os menores valores dentre os tratamentos em SPDH.

Na profundidade de 10-20 cm, os resultados do COT e NT foram maiores na mata, assim como a relação C/N, devido aos elevados valores tanto de COT como de NT. Estes resultados são decorrentes da dinâmica que ocorre neste ambiente, com atuação de diferentes sistemas radiculares que exploram de formas diferentes o solo, além da deposição contínua de material orgânico. Segundo Freixo et al. (2002), os altos valores de relação C/N dos solos de Cerrado podem ser devidos a seu alto teor de alumínio e baixo valor de pH, que tendem a reduzir a decomposição do COT. Os resultados encontrados na profundidade 10-20 cm, para a mata, podem ser explicados por este fator, uma vez que encontraram-se altos teores de alumínio (5,98), associado ao baixo pH (3,72), além de elevados teores de COT (55,09) e NT (2,29), e por consequência, maior relação C/N (24,22) em comparação com os demais tratamentos.

4.4 Frações granulométricas da matéria orgânica: carbono e nitrogênio orgânico particulado (COp/NOp) e associado aos minerais (COam/NOam)

4.4.1 Carbono orgânico particulado e associado aos minerais

Em relação às frações da MOS, observa-se a influência das plantas de cobertura no aumento do COp nos agregados do solo em comparação ao SPC na profundidade de 0-5 cm, exceto para o tratamento com nabo forrageiro que não diferiu do SPC (Figura 3a). No que se refere ao COp (Figura 3a), destaca-se a área de mata com os maiores valores em comparação aos demais tratamentos em todas as profundidades analisadas, com posterior decréscimo dos valores em profundidade, apresentando o mesmo padrão verificado para o COT (Figura 2a). Isto é decorrente do constante aporte de serapilheira, associados à sua qualidade (serapilheira mais lignificada), o que mantém o estado estável nas adições e perdas de COT (URQUIAGA et al., 2005; LOSS et al., 2012; BEZERRA et al., 2013), e, conseqüentemente, nas adições e perdas de COp, além da ausência de interferência antrópica nesta área.

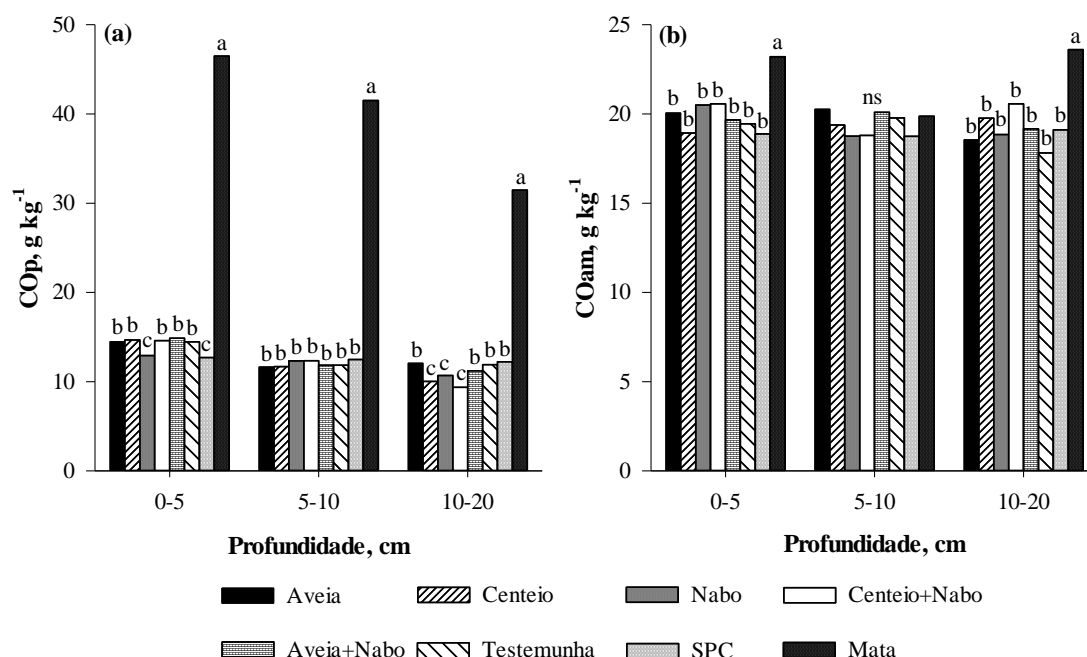


Figura 3. Valores médios de COp (a) e COam (b) em agregados do solo em sistemas de uso do solo com cultivo de cebola em Ituporanga, SC. Letras diferentes para o mesmo atributo avaliado, em cada profundidade, indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Para a profundidade de 0-5 cm, o nabo e o SPC apresentaram os menores valores de COp. Em 5-10 cm, não se verificaram diferenças estatísticas entre os tratamentos de SPDH e SPC. Porém, na profundidade de 10-20 cm, os tratamentos com centeio e nabo (solteiros) e o consórcio de ambos apresentaram os menores valores de COp. O menor

valor dessa fração encontrado para o nabo, na camada superficial do solo (0-5 cm), pode ser devido ao tipo de sistema radicular pivotante que esta crucífera apresenta, pois os demais tratamentos em SPDH apresentam sistema radicular fasciculado. Este sistema favorece uma melhor distribuição de raízes no solo, com consequente rizodeposição e aumento do COp em comparação ao nabo, que devido ao sistema radicular pivotante, imprime um maior efeito físico ao solo, com menor aporte de carbono via rizodeposição.

Quanto ao SPC, os menores valores de COp são devidos ao revolvimento do solo, ocasionando a ruptura dos agregados, com consequente exposição do COp protegido no interior desses. Assim, tem-se maior decomposição do C presente nesta fração lábil, o que causou a menor quantidade de COp dentre os demais tratamentos em SPDH e a mata. Na profundidade de 5-10 cm, a ausência de diferenças entre o SPC e o SPDH, assim como os maiores valores de COp no SPC em comparação ao centeio, nabo e centeio + nabo na profundidade de 10-20 cm, são decorrentes da adição de resíduos vegetais (milheto) presente na superfície do solo durante as práticas de aração e escarificação, ocasionando a inversão dos resíduos vegetais da superfície para as profundidades de 5-10 e 10-20 cm.

De maneira geral, no SPDH destacam-se os tratamentos com aveia solteira e consorciada com o nabo, assim como o tratamento com a vegetação espontânea (testemunha), pois esses tratamentos apresentaram valores iguais aos demais tratamentos em 0-5 e 5-10 cm (exceto para o nabo), mas em 10-20 cm foram superiores aos demais tratamentos em SPDH para o COp. Esses maiores valores de COp na aveia solteira e no consórcio podem ser atribuídos ao efeito do nabo, pois esta é uma planta com raiz pivotante e profunda, que quando consorciado com a aveia, que tem várias raízes adventícias e além de possuir um sistema radicular que se renova constantemente, favorece a maior distribuição de raízes no solo, principalmente na profundidade de 10-20 cm, aumentando a deposição de raízes em profundidade, e, consequentemente, o aumento do COp, uma vez que essa fração está diretamente relacionada ao material vegetal recentemente adicionado ao solo, assim como descrevem Loss et al. (2009) e Rossi et al. (2012).

Segundo Da Ros (1993), a aveia apresenta-se como uma planta de elevada fitomassa e que seus resíduos vegetais permanecem no solo por um período de tempo relativamente longo quando comparado aos resíduos do nabo. Ainda, tem-se que as gramíneas possuem um sistema radicular com constante renovação, possivelmente quando a aveia está em consórcio com o nabo, o C produzido pela aveia pode favorecer

o aumento da relação C/N nesta profundidade (10-20 cm), contribuindo para que sejam encontradas maiores quantidades de COp. Este aumento da relação C/N pode ser verificado na Figura 2c, na qual a relação C/N na profundidade de 10-20 cm para a aveia é 11,84 % maior do que a do centeio, e 8,68 % maior do que a do nabo. Na profundidade de 5-10 cm, o consórcio do nabo + aveia também apresentou maior relação C/N quando comparado com as plantas solteiras (Figura 2c).

Na testemunha, a diversidade de famílias e espécies que compõem a vegetação espontânea também favorece a exploração do solo via sistema radicular e, consequentemente, aporte de resíduos vegetais via rizodeposição. Além disso, quando associado às técnicas conservacionistas de manejo adotadas no SPDH, possibilitam maior proteção do COp contido nos agregados.

Segundo Blair et al. (1998), o COp é composto por hifas de fungos, raízes e resíduos animais e vegetais, que corresponde à fração lábil da MOS e é muito responsivo às mudanças decorrentes das práticas de manejo do solo. Assim, pode-se inferir que as práticas utilizadas no SPC da cebola (aração e escarificação do solo) desfavorecem a manutenção do COp em comparação ao SPDH (exceto para o nabo) na camada superficial do solo. No SPDH, o não revolvimento do solo, associado ao uso das plantas de cobertura solteiras e consorciadas, aumenta o COp, com destaque para os tratamentos com aveia, aveia+nabo e a vegetação espontânea, ambos na profundidade de 10-20 cm.

Os valores de COp deste estudo corroboram com os resultados de Bayer et al. (2004), que verificaram que os maiores incrementos de COp ocorreram na camada superficial do solo (0,0–2,5 cm). Esses autores ainda relatam que o COp é uma fração relativamente responsivo às práticas de manejo, assim como o tipo de planta de cobertura ou cultura tem influência nos teores de COp encontrados no solo, sendo que com o uso de gramíneas e leguminosas em consórcio, os autores encontraram maiores quantidades de COp no solo, principalmente nas camadas superficiais.

Os maiores teores de COT (Figura 2a) e COp (Figura 3a) encontrados nas camadas superficiais do solo em áreas onde ocorrem maiores aportes de resíduos vegetais, são devidos ao uso de cobertura do solo (viva e, ou, morta) e da ausência de revolvimento do solo, pois nestas áreas tem-se a manutenção da umidade e diminuição da temperatura do solo na camada superficial, o que reduz a mineralização da MOS (LOSS et al., 2009; 2011).

Em relação ao COam, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos em SPDH e SPC, sendo os maiores valores verificados para a área de mata nas profundidades de 0-5 e 10-20 cm (Figura 3b). Esta fração apresenta um comportamento similar ao COT, onde a área de mata também apresentou os maiores valores (Figura 2a). Estes resultados corroboram com os de Bayer et al. (2004), no qual os teores e estoques de COam em profundidade não foram influenciados pelos sistemas de manejo. Porém, neste estudo observou-se na profundidade de 0-5 cm uma redução de 18,7% nos teores de COam para o SPC em relação a área de mata. Entre os tratamentos em SPDH, essa redução é menor, com exceção ao centeio. Assim, comparando-se a redução dos teores de COam entre o SPDH e o SPC na camada superficial (0-5 cm), na área de SPC, proporcionalmente às demais áreas, verificou-se uma redução de 5,88; 0,26; 7,9; 8,22; 4,02 e 2,99 dos teores de COam, respectivamente, para aveia, centeio, nabo forrageiro, nabo + centeio, aveia + nabo e vegetação espontânea (Figura 3b).

Estes resultados indicam que o SPC desfavorece a manutenção dos teores de COam em relação à mata e ao SPDH, sendo que o SPDH se assemelha mais a área nativa (mata) em comparação ao SPC. A redução dos teores de COam no SPC está relacionada com a redução dos teores de carbono da fração particulada (COp) em virtude das práticas de preparo do solo no SPC. Isso faz com que os microrganismos utilizem compostos orgânicos associados às superfícies das frações silte e argila, resultando em decréscimo dos teores de COam (BLAIR et al., 1998).

4.4.2 Nitrogênio orgânico particulado e associado aos minerais

A área de mata apresentou os maiores valores de NOp em todas as profundidades analisadas. Na profundidade de 0-5 cm, no SPC verificaram-se os menores valores de NOp comparado aos demais tratamentos. Entre os tratamentos em SPDH, o nabo solteiro apresentou os menores valores, seguido da aveia, centeio e o consórcio entre centeio e nabo. A testemunha e aveia + nabo apresentaram os maiores valores de NOp. Na profundidade de 5-10 cm, apenas a mata diferenciou-se dos demais tratamentos, apresentando o maior valor de NOp. Para a profundidade de 10-20, após a mata, o SPC e o centeio apresentaram os maiores valores de NOp (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de nitrogênio orgânico particulado (NOp) e associado aos minerais (NOam) em agregados do solo em sistemas de uso do solo com cultivo de cebola em Ituporanga, SC.

Tratamentos	NOp			NOam		
	----- Profundidades (cm) -----					
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
Aveia	0,41 c	0,16 b	0,07 c	1,98 b	1,57 b	1,32 b
Centeio	0,41 c	0,18 b	0,17 b	1,94 b	1,55 b	1,38 b
Nabo	0,33 d	0,16 b	0,12 c	2,07 a	1,75 b	1,35 b
Centeio+Nabo	0,44 c	0,20 b	0,07 c	2,15 a	1,61 b	1,34 b
Aveia+Nabo	0,55 b	0,13 b	0,11 c	2,08 a	1,40 c	1,35 b
Testemunha	0,52 b	0,18 b	0,09 c	1,84 b	1,64 b	1,31 b
SPC	0,18 e	0,15 b	0,19 b	1,67 b	1,60 b	1,60 a
Mata	2,35 a	1,31 a	0,75 a	2,31 a	2,08 a	1,54 a
CV (%)	11,11	27,4	29,93	9,68	7,76	11,25

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5%. CV=coeficiente de variação.

Quanto à fração associada aos minerais (NOam), na primeira profundidade (0-5 cm), a área de mata e os tratamentos com nabo e no consórcio entre centeio e nabo e aveia + nabo, apresentaram os maiores valores. Na profundidade de 5-10 cm, a aveia em consórcio com o nabo apresentou o menor valor de NOam, sendo na área de mata verificado o maior valor. Os demais tratamentos não diferiram entre si na profundidade de 5-10 cm. Na última profundidade (10-20 cm), não foram verificadas diferenças entre os tratamentos em SPDH, porém, no SPC e na mata verificaram-se os maiores valores de NOam (Tabela 2).

O menor valor de NOp no SPC para 0-5 cm é devido ao revolvimento do solo, assim interferindo negativamente na manutenção dessa fração. Com a ruptura dos agregados do solo, a MOS fica mais facilmente exposta ao ataque dos microrganismos, o que favorece a aceleração de sua mineralização, resultando no rápido declínio do NOp no solo sob SPC em comparação aos tratamentos em SPDH. Segundo Bayer et al. (2000), o N é um componente chave da MOS, sendo assim, alterações que ocorrem nesta, afetam diretamente a dinâmica do N no solo.

Ainda, devido a fração particulada (COp e NOp) possuir alta labilidade (BAYER et al., 2002), o N, assim como o C, também sofre alterações quando esta fração é afetada pelos sistemas de manejo. Em termos gerais, o SPDH tem menores

impactos nos teores de COp e NOp devido à proteção física destas frações nos agregados. No SPDH tem-se maior proteção do solo devido a cobertura oferecida pelas plantas, assim permitindo maior proteção da MOS contra processos erosivos (HERNANI et al., 1999), além de favorecer o aumento na CTC (BAYER & MIELNICZUK, 1999), o que acarreta na retenção de NH_4^+ , e por consequência, ocorre maior acúmulo de N em solos sob SPDH em relação ao SPC.

Entre os tratamentos em SPDH, o nabo, quando solteiro, apresentou o menor valor de NOp, possivelmente devido ao menor efeito químico que esta crucífera apresenta, o que também resultou em menores teores de COp (Figura 3a). Já para o consórcio aveia + nabo e a testemunha, os maiores valores de NOp, possivelmente se devem a interação entre a gramínea e a crucífera, o que favorece o efeito químico da aveia via liberação de exsudatos e o efeito físico do nabo ao crescer, comprimindo as partículas do solo. Na testemunha, há maior diversidade de espécies que formam a cobertura do solo, assim esses dois tratamentos favorecem ao aumento do NOp nos agregados.

Para a profundidade de 10-20 cm, os maiores valores de NOp no SPC podem ser devidos ao efeito do revolvimento do solo, no qual se faz a fragmentação e homogeneização dos resíduos vegetais do milho da superfície para as profundidades subsequente. Este fato também foi observado para as demais frações do N, onde na profundidade de 10-20 cm, tanto para o NOam (Tabela 2) quanto para o NT (Figura 2b), o SPC apresentou o maior valor de N em comparação aos demais tratamentos. Ainda em relação a profundidade de 10-20 cm, o centeio não diferiu do SPC, porém apresentou os maiores teores de NOp em comparação aos demais tratamentos em SPDH. Estes resultados podem ser devidos aos aspectos químicos do centeio, uma vez que possui um sistema radicular fasciculado e denso, que distribui mais uniformemente os exsudatos radiculares (Casali, 2012). Dessa forma, pode incrementar os teores de NOp no interior dos agregados.

Para o NOam verificaram-se maiores diferenças entre os sistemas avaliados quando comparado com o COam. Na profundidade de 0-5 cm, os tratamentos com nabo, centeio+nabo e aveia+nabo apresentaram teores de NOam iguais aos da mata e maiores que o SPC, testemunha, aveia e centeio solteiros (Tabela 2). Estes resultados indicam que os tratamentos nabo solteiro e consorciado com a aveia e o centeio são mais eficientes em aumentar os teores de NOam em comparação aos demais tratamentos em SPDH e, em relação ao SPC, as práticas adotadas (aração e escarificação), mesmo

com o uso do milheto como planta de cobertura, acelera a mineralização do NOam, assim como verificado para o NT (Figura 2b). No entanto, mesmo o SPC não apresentando diferença estatística em comparação à aveia, centeio e testemunha, estes apresentaram valores de NOam maiores em 15,66%, 14,0% e 9,24%, respectivamente, em comparação ao SPC.

A mata apresentou o maior valor de NOam na profundidade de 5-10 cm. Em contrapartida, o consórcio aveia+nabo teve o menor valor. Para a profundidade de 10-20 cm, além da mata, o SPC também apresentou o maior valor de NOam, diferenciando-se dos demais tratamentos em SPDH.

Considerando o exposto acima por Da Ross (1993), que a aveia apresenta-se como uma planta de elevada fitomassa e que seus resíduos vegetais permanecem no solo por um período de tempo relativamente longo, pode-se inferir que devido a isso, o N é liberado mais lentamente, acarretando no menor valor de NOam em relação aos demais tratamentos quando a aveia está consorciada com o nabo.

O fato do SPC ser maior do que o SPDH na última camada analisada, torna visível a ação do revolvimento do solo neste sistema de plantio, uma vez que os resíduos vegetais são incorporados ao solo, ocorrendo assim a decomposição e liberação do N, fazendo com que seja maior inclusive a quantidade associada aos minerais.

Na área de mata, nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, os maiores valores de NOam, possivelmente são decorrentes da maior presença de sítios capazes de realizar ligações com os elementos, inclusive com o N do solo, protegendo-o e evitando perdas por lixiviação ou volatilização, pois nesta área tem-se maiores teores de COT e NT (Figura 2).

Os maiores teores de COT e NT (Figura 2), COp (Figura 3a) e NOp (Tabela 2), ambos na profundidade de 0-5 cm, no SPDH em relação ao SPC, tem relação direta com os maiores índices de agregação do solo (diâmetro médio ponderado e macro e mesoagregados) encontrados em todos os tratamentos do SPDH na profundidade de 0-5 cm (LOSS et al., 2015).

5. Conclusões

O cultivo da cebola em SPDH com o uso de plantas de coberturas solteiras ou consorciadas aumenta os atributos químicos dos agregados do solo em comparação ao SPC e a área de mata.

No SPDH, o uso da aveia e do centeio solteiros e consorciados com o nabo forrageiro, assim como a vegetação espontânea aumentam os teores de COp, mas não influenciam os teores de COam, este que não é influenciado pelo SPDH e SPC.

O uso do consórcio entre aveia+nabo e a vegetação espontânea contribuem para o aumento dos teores de NOp em relação aos demais tratamentos em SPDH. E o nabo solteiro e em consórcio aumenta o NOam, este que foi mais eficiente que o COam para evidenciar diferenças entre os sistemas avaliados.

A conversão de áreas em SPC para SPDH favorece o aumento dos teores de COT e NT, assim como de suas frações particuladas na camada superficial do solo.

6. Referências

- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. *Revista Brasileira de Ciência do solo*. v.28, n.1, p. 115-123, 2004.
- ASSIS, C. P.; JUCKSCHI, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, LIMA, J. C. Carbon and nitrogen in aggregates of an oxisol submitted to different use and management systems. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 41, n. 10, p. 1541-1550, 2006.
- ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS DE TECNOLOGIA - ACATE. *Agronegócio e tecnologia*. Santa Catarina. Anuário 2014, 96p. Disponível em: <http://www.acate.com.br/sites/default/files/anuarioacate_0.pdf>. Acesso em 15 ago. 2015.
- BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. *Organic Geochemistry*, v. 31, n. 07/08, p. 697-710, 2000.
- TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; GERVASIO P. M.; PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. *Idesia*, v. 30, p. 55-64, 2012.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.7, p.677-683, 2004.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & CERETTA, C.A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern

Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil Tillage Research*, v. 53, p. 95-104, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; ERNANI, P. R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant Soil*, v. 238, n. 01, p. 133-140, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). *Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização*. Porto Alegre: Gênese, p.9-26, 1999.

BEZERRA, R. P.M.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G. & PERIN, A. Formas de Carbono em Latossolo sob Sistemas de Plantio Direto e Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado, Goiás. *Ciência Agrária*, v. 34, p. 2637-2654, 2013.

BLAIR, G. J.; CHAPMAN, L.; WHITBREAD, A. M., BAL-COELHO, B., LARSEN, P., TIESSEN H. Soil carbon changes resulting from trash management at two locations in Queensland, Australia and in North-east Brazil. *Australian Journal of Soil Research*, v.6, n.4, p.873-882, 1998.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Efeitos de Resíduos de plantas jovens de aveia preta em cobertura de solo no crescimento inicial do milho. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.6, n.1, p 86-88, 2000.

BRIEDIS, C.; SÁ, J. C. M.; CAIRES, E. F.; NAVARRO, J. F.; INAGAKI, T. M.; FERREIRA, A. O. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.7, p.1007-1014, 2012.

CAMARGO, F.A.C.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. & VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo*. Porto Alegre, Genesis, p.117-137, 1999.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, v.56, p.777-783, 1992.

CASALI C. A. Sistemas de culturas sob diferentes manejos em longa duração alteram as formas de fósforo do solo .2012, 149 p. Tese de Doutorado. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2012.

CIOTTA, M. N., BAYER, C., ERNANI, P. R., FONTOURA, S. M. V., WOBETO, C., & ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de

Latossolo Bruno em plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2004, v.28, n.2, p. 317-326 .

CONCEIÇÃO, P. C.; BOENI, M.; DIECKOW, J. BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 541-549, 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS. 400 p. 2004.

COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus granáis* no norte fluminense. Revista Árvore, v. 29, p. 563-570, 2005.

DA ROS, C.O. Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 85p. 1993.

DUFRANC, G.; DECHEN, S.C.F.; FREITAS, S.S.; CAMARGO, O.A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.505-517, 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro). Manual de Métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, 212p. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 353p. 2013.

EPAGRI. Sistema de produção para cebola: Santa Catarina (4ª. revisão). Florianópolis: EPAGRI, 106 p. 2013.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p. 907-916, 2010.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; CUNHA, T.J.F.; SALTON, J.C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.847-853, 2006.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções

puras de ácidos orgânicos. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.34, n.12, p. 2267-2276, 1999.

FREIXO, A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; DIAS, C.A. & FADIGAS, F. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência Solo, v.26, p.425- 434, 2002.

GATIBONI, L.C. et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, n.4, p.691-699, 2007.

GONÇALVES, C.N. & CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 307- 313, 1999.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro, v.26, n.1, 83p. 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201301.pdf>. Acesso em: 05-novembro-2015.

HARRIS, R. F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O. N. Dynamics of soil aggregation. Advances in Agronomy, v.18, p.107-169, 1966.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H. & SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, p.145-154, 1999.

KLIEMANN, J.H.; BRAZ, A.J.P.B. & SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.36, p.21-28. 2006.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; GIACOMO, S. G. & PERIN, A. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.568-576, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. & ANJOS, L. H.C. Carbon and nitrogen content and stock in no-tillage and crop-livestock integration systems in the Cerrado of Goiás State, Brazil. Journal of Agricultural Science, v.4, p.96-105, 2012.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; BEUTLER, S. J.; L. H. C. Carbon, nitrogen and natural abundance of ^{13}C e ^{15}N of light-fraction organic matter under no-tillage and crop-livestock integration systems. Acta Scientiarum. Agronomy, v.34, p.465-472, 2012.

LOSS, A., PEREIRA, M. G., PERIN, A., COUTINHO, F. S., CUNHA, L. H. C. Particulate organic matter in soil under different management systems in the Brazilian Cerrado. *Soil Research*, v.50, p.685–693, 2012.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; FERREIRA, E. P.; SILVA, E. M. R. da; BEUTLER, S. J. Distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciados por manejos agroecológicos. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 31, p. 523-528, 2009.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R.A.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 1212-1224, 2015.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; Perin, A.; Beutler, S. J.; Anjos, L. H. C. dos. Oxidizable carbon and humic substances in rotation systems with brachiaria/livestock and pearl millet/no livestock in the Brazilian Cerrado. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 11, p. 217-231, 2013

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, F. Carbono e nitrogênio adicionados e sua relação com o rendimento do milho e estoques destes elementos no solo em sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v. 28, p. 175187, 2004.

MAFRA, A. L., GUEDES, S. D. F. F., KLAUBERG FILHO, O., SANTOS, J. C. P., ALMEIDA, J. A. D., & ROSA, J. D. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. *Revista Árvore*, v. 32, n.2, p.217-224, 2008.

MARTINS, R. P.; COMIM, J. J.; GATIBONI, L. C.; SOARES, C. R. F.; COUTO, R. R.; BRUNETTO, G. Mineralização do nitrogênio de plantas de cobertura, solteiras e consorciadas, depositadas sobre um solo com histórico de cultivo de cebola. *Revista Ceres*, v.61, n.4, p.587-596, 2014.

MELO, A.V; GALVÃO, J.C.C; BRAUN, H; SANTOS, M.M; COIMBRA, R.R; SILVA, R.R; REIS, W.F. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a 18 anos de adubação orgânica e mineral. *Semina: Ciências Agrárias*, v.32, n.2, p. 411-420, 2011.

MONEGAT, C. Manejo de plantas de cobertura do solo em pequenas propriedades. *Plantas de Cobertura do Solo: características e manejo em pequenas propriedades*. Chapecó, Ed. do Autor. 1991. p.146-239.

OLIVEIRA, R. A. Decomposição e liberação de nutrientes da matéria seca de plantas de cobertura, rendimento da cebola e biodisponibilidade das formas de fósforo no solo sob

sistema de plantio direto. 2015, 91p, Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Carbon and nitrogen storage and organic fractions in latosol submitted to different use and management systems. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. v.31, n.6, p.1609-1623, 2007.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. 2003 Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.355-362.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.43, n.1, p.38-46, 2012.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.10, p.1349-1356, 2011.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.20, p. 113-117, 1997.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S. & DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Research*, v.79, p.7-31, 2004.

SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, p.561-569, 2008.

SOUZA, M.; COMIN, J.J.; LEGUIZAMÓN, E.S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; MÜLLER JÚNIOR, V.; VENTURA, B.; CAMARGO, A.P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. *Ciência Rural*, v.43, p. 21-27, 2013.

TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 867-876, 2011.

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; ZOTARELLI, L.; ALVES, B. J. R. & BODDEY, R. M. Manejo de sistemas agrícolas para o sequestro de carbono no solo. In: AQUINO, A. M. & ASSIS, R. L., org. Conhecimentos e técnicas avançadas para o estudo dos processos da biota no sistema solo-planta. Brasília, Embrapa, p.257-273, 2005.

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N. P.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, B. R. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. Field Crops Research, 2012.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communication in Soil Science Plant Analise, v.19, p.1467-1476, 1988.